

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



---

**“DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE LA  
TROQUELADORA DE LA EMPRESA CALZADOS MIGUEL  
ANGEL”**

---

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
ELECTRÓNICO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:** AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS

**AUTORES:**

Br. Wilberth Mihael Dávila López

Br. Jhoset Nathanael Culquitante Chávez

**ASESOR:**

Ing. Lenin Humberto Llanos León

**Trujillo– Perú**

**2017**

**“DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE LA TROQUELADORA DE LA  
EMPRESA CALZADOS MIGUEL ANGEL”**

Elaborado Por:

---

Br. Wilberth Mihael Dávila López

---

Br. Jhoset Nathanael Culquitante Chávez

Aprobado por:

---

Ing. Luis Alberto Vargas Díaz  
PRESIDENTE  
CIP N° 104175

---

Ing. Oscar Miguel de la Cruz Rodríguez  
SECRETARIO  
CIP N° 92622

---

Ing. Albertis Florián Vigo  
VOCAL  
CIP N° 114879

---

Ing. Lenin Humberto Llanos León  
ASESOR  
CIP N° 139213

## **PRESENTACION**

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra disposición el presente trabajo de tesis titulado: **“DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION DE LA TROQUELADORA DE LA EMPRESA CALZADOS MIGUEL ANGEL”**

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusando anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Octubre del 2017

Br. Wilberth Mihael Dávila López

Br. Jhoset Nathanael Culquitante Chávez

# ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Resumen.....	iv
Abstract .....	v
Contenido .....	vi

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor. A mis padres Roger y Rocío, por haber apoyado y brindado su confianza en todo momento.

A mis maestros Ing. Lenin Llanos León y Saúl Linares Vertiz, ya que gracias a su gran apoyo en la elaboración de esta tesis fue posible la culminación de nuestros estudios profesionales.

A todos mis familiares, por no dudar de mí y participaron indirectamente en mi formación profesional.

**Jhoset.**

Dedico este trabajo de tesis a Dios y a mis padres. A Dios por brindarme salud y sabiduría de cumplir mis metas, a mis padres porque me dieron su vida llena de amor desinteresado.

A mi madre María Florenita López Pêche, porque llenó mi vida de ilusiones y sabios consejos cuando yo más lo necesite.

A mi padre Julio Dávila Echeverría, porque con su silencio y una mirada me enseñó el respeto y la confianza.

A mis hermanos por su apoyo moral que lograron reafirmar mis metas.

Gracias a todos ustedes ya que ahora nuestra tesis hoy fuera una realidad.

**Wilberth.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor de tesis el ingeniero Lenin Llanos León, y al ingeniero Saúl Linares Vértiz, por estar siempre en la disposición de ofrecernos su apoyo para poder llevar a cabo tan importante tema de investigación.

A mi compañero de tesis Jhoset Culquitante Chávez, por brindarme su amistad, su apoyo para que nuestra meta se lleve a cabo.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para la realización de nuestro Trabajo de Tesis y así abrirnos camino en el ámbito laboral.

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se centra en realizar el diseño de la automatización de la troqueladora de la empresa de calzados Miguel Ángel.

En el Primer Capítulo del presente trabajo, se aborda la problemática que ocasiona el excesivo tiempo que se le da a la troqueladora durante el proceso de troquelado en la empresa de calzados Miguel Ángel.

En el Segundo Capítulo, se presenta el marco teórico y un sustento del diseño de la automatización de la troqueladora de la empresa de calzados Miguel Ángel, para lograr la reducción del tiempo del proceso de troquelado.

En el Tercer Capítulo, se procede con el estudio de las posibles herramientas tecnológicas para el diseño la automatización de la troqueladora de la empresa de calzados Miguel Ángel y así lograr los objetivos trazados.

En el Cuarto Capítulo mostramos los resultados de nuestro diseño para la automatización de la troqueladora de la empresa de calzados Miguel Ángel y las simulaciones correspondientes que validan nuestra hipótesis.

Y en los últimos dos capítulos mostramos una breve discusión de nuestros resultados y las conclusiones a las que llegamos.

## **ABSTRACT**

The present research work focuses on the design of the automation of the stamping machine of the shoe company Miguel Angel.

In the first chapter of the present paper, the problem is dealt with occasionally the excessive time that is given to the die-cutter during the die-cutting process in the footwear company Miguel Ángel.

The second chapter presents the theoretical framework and content of the design of the automation of the die-cutter of the footwear company Miguel Angel, for the reduction of the time of the die-cutting process.

In the Third Chapter, we proceeded with the study of the possible technical tools for the design of the automation of the die-cutter of the footwear company Miguel Ángel and thus the objectives are achieved.

In the fourth chapter we show the results of our design for the automation of the shoemaker of the footwear company Miguel Angel and the simulations that validate our hypothesis.

And in the last two chapters shown a brief discussion of our results and the conclusions we reached.



# Contenido

1. EL PROBLEMA .....	2
1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2. Delimitación del Problema .....	2
1.3. Características de la realidad .....	3
1.4. Análisis de las características .....	3
1.5. Definición del problema .....	3
1.6. Formulación del problema: .....	3
1.7. Hipótesis .....	3
1.8. Objetivos de la investigación .....	3
1.9. Justificación de la investigación .....	4
1.10. Alcance .....	4
1.11. Aportes .....	4
2. MARCO TEORICO .....	8
2.1. Antecedentes de la Investigación .....	8
2.2. Bases Teóricas .....	8
2.2.1. Proceso de Troquelado .....	8
2.2.2. Sistema Neumático Básico .....	10
2.2.3. Sistemas de Control .....	14
2.2.4. Sensores .....	17
2.2.5. Actuadores .....	26
2.2.6. Controlador Lógico Programable (PLC) .....	32
3. Material y Métodos .....	41
3.1. Material .....	41
3.1.1. Población .....	41
3.1.2. Muestra .....	41
3.2. Métodos .....	41
3.2.1. Nivel de Investigación .....	41
3.2.2. Diseño de Investigación .....	41
3.2.3. Variables de estudio y operacionalización .....	42

3.2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos.....	43
3.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	44
4. Resultados.....	55
5. Discusión de Resultados .....	60
6. Conclusiones .....	62
7. Referencias Bibliográficas .....	64
ANEXOS .....	67

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

# **1. EL PROBLEMA**

## **1.1. Planteamiento del problema**

Según UPAO (2015, p.1) “La producción de calzado es una de las principales actividades productivas en el distrito de Trujillo, puesto que esta actividad ha permitido la formación de diversas microempresas, además de que los productos obtenidos tienen un gran reconocimiento a nivel nacional.”

La empresa de calzados “MIGUEL ÁNGEL” es una de las empresas dedicadas a este rubro que ha estado teniendo un crecimiento razonable en los últimos años; pero el desarrollo de esta empresa también se ve truncada debido a que el proceso de producción es prácticamente manual, por lo que no puede alcanzar niveles de producción mayores.

Las tecnologías de automatización, que han tenido gran auge los últimos años, están siendo implantadas progresivamente en las diversas empresas de la región, ya que garantizan una velocidad de producción mayor y mejor calidad en el producto, por lo que la automatización del proceso de producción podría ser una solución oportuna para la problemática de las microempresas de calzado como la empresa de Calzados “MIGUEL ÁNGEL”. Es por ello que en este trabajo de investigación se plantea diseñar la automatización de una de las máquinas empleadas para la producción de calzado como es la troqueladora, como punto inicial de la automatización del proceso de producción en general.

## **1.2. Delimitación del Problema**

Este presente trabajo de investigación se delimita al diseño de la automatización de la troqueladora de la empresa calzados Miguel Ángel.

### **1.3. Características de la realidad**

La realidad problemática estudiada presenta las siguientes características:

- El tiempo prolongado en el proceso de troquelado.

### **1.4. Análisis de las características**

- Según el Gerente general de la empresa “MIGUEL ÁNGEL”, precisó que el tiempo estimado para realizar el proceso con la troqueladora semiautomática es de 20 Segundos por cada 5 plantillas.

### **1.5. Definición del problema**

El problema se define en hacer el estudio para reducir el tiempo del proceso de troquelado en la empresa de calzados Miguel Ángel.

### **1.6. Formulación del problema:**

¿Cómo disminuir el tiempo del proceso de troquelado de la empresa de Calzados “MIGUEL ÁNGEL”?

### **1.7. Hipótesis**

El diseño de la automatización de la troqueladora permite reducir el tiempo de proceso de troquelado de la Empresa de Calzados “MIGEL ÁNGEL”.

### **1.8. Objetivos de la investigación**

#### **General**

Diseño de la automatización de la Troqueladora de la empresa de calzados “Miguel Ángel”.

### **Específicos**

- Reducir el tiempo de proceso de troquelado.
- Describir los procesos de automatización neumática.
- Simular el proceso de automatización.

#### **1.9. Justificación de la investigación**

La presente investigación beneficiara a la empresa de Calzados “MIGUEL ÁNGEL” ya que contaría con la automatización de la troqueladora que disponen en su empresa, la cual disminuirá el tiempo del proceso de troquelado. Así mismo el presente trabajo de investigación servirá como antecedente para futuros trabajos de automatización en el área de calzado.

#### **1.10. Alcance**

Esta investigación abarca el diseño de la automatización de la troqueladora de la empresa de calzados “MIGUEL ÁNGEL”, para reducir el tiempo del proceso de troquelado.

#### **1.11. Aportes**

En lo académico, servirá como antecedente para futuros trabajos de automatización en el área de calzado.

# **CAPÍTULO II**

## **MARCO TEÓRICO**

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1. Antecedentes de la Investigación**

- Título: “AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA SUAJADORA DE TAPAS PARA YOGHURT”

Autor: Solís, P

Fecha de publicación: 2011

Aporte al trabajo: brinda información de cómo solucionar un problema real de la industria respondiendo a la necesidad de actualización que tienen las diversas empresas con la finalidad de poder mantener la competitividad dentro del mercado, incrementando su volumen de producción mediante diversas tecnologías para la automatización de varios procesos.

- Título: “DISEÑO Y SIMULACION DE UNA TROQUELADORA SEMIAUTOMATICA PARA CORTE DE CUERO DE RES DE UNA CAPACIDAD DE CINCO TONELADAS”

Autor: Mena, P

Fecha de publicación: 2015

Aporte al trabajo: brinda información de cómo ayudar al pequeño y mediano empresario a automatizar una máquina a un costo accesible que le permita optimizar su proceso de corte y mejorar sus condiciones de trabajo.

### **2.2. Bases Teóricas**

#### **2.2.1. Proceso de Troquelado**

Según Wikipedia [19] (p. 1) Los elementos de transformación en un troquel, son llamados punzón (macho) y matriz (hembra), ambos deben tener un tratamiento previo de endurecimiento que debe superar la dureza de los materiales a procesar.



La parte superior de la herramienta (parte superior del porta troquel) se sujeta firmemente al ariete o carnero de la prensa mientras que la parte inferior (porta matrices) se fija a la mesa de la máquina, el centramiento entre ambos (incluida la holgura) se mantiene gracias a los postes fijos en el porta troquel y los bujes embalados que se deslizan en las tazas, aunque hay troqueles que solamente tienen postes y tazas con ajuste deslizante entre ellos y algunos otros (esto ya es poco común) que no cuentan con postes y para centrar se emplea un método un poco rudimentario que se describe en “procedimiento de montaje de troqueles”.

Entendiendo que la operación de troquelado se realiza a los 180° del viaje (carrera) del ariete, una vez realizada está, el punzón comienza a subir pero existe un problema: la elasticidad del material, que al contraerse “abraza” al punzón y, por lo tanto, tiende a subir junto con él; esto lógicamente debe evitarse, para ello entran en juego los extractores de la cinta metálica (planchador o expulsos o puentes) que separan el material del punzón al mismo tiempo que lo sujetan contra la matriz en el momento en que se realiza la operación de troquelado.

Por otro lado, el material cortado tiene cierta tendencia a adherirse a la matriz, ya que éste se expande. En algunos casos esta expansión no es suficiente y entonces también trata de subir pegada al punzón; para evitarlo, se utilizan los botadores que son simplemente pernos que, mediante la acción de un resorte, impiden que la pieza sea extraída de la matriz “empujando” literalmente hacia abajo el material cortado

## **2.2.2. Sistema Neumático Básico**

### **2.2.2.1. Sistema de Producción y Distribución de Aire**

#### **A. Compresor**

Según Vaca (2011, p.55) Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores.

Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

#### **B. Motor Eléctrico**

Según Vaca (2011, p.57) Suministra la energía mecánica al compresor. Un motor eléctrico es un dispositivo rotativo que transforma energía eléctrica en energía mecánica, y viceversa, convierte la Energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generador o dinamo.

Los motores eléctricos de tracción usados en locomotoras realizan a menudo ambas tareas, si se los equipa con frenos dinamo.

#### **C. Presostato**

Según Vaca (2011, p.58). El presostato también es conocido como interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. Controla el motor eléctrico detectando la presión en el depósito. Se regula a la presión máxima a la que desconecta el motor y a la presión mínima a la que vuelve a arrancar el motor. Entre los tipos de presostatos varían dependiendo del rango de

presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden censar.

#### **D. Válvulas**

Según Vaca (2011, p.58) Una válvula se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Las válvulas son instrumentos de control esenciales en la industria.

##### **Electroválvulas**

Según Vaca (2011, p.59) Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.

La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

##### **Funcionamiento**

Según Vaca (2011, p.60) Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula. Existen varios tipos de electroválvulas.

En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en

reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

#### **E. Manómetro**

Según Vaca (2011, p.61) El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

#### **F. Válvula de seguridad**

Según Vaca (2011, p.61) Expulsa el aire comprimido si la presión en el depósito sube por encima de la presión permitida.

#### **G. Filtro de Línea**

Según Vaca (2011, p.62) Al encontrarse en la tubería principal, este filtro debe tener una caída de presión mínima la capacidad de eliminar el aceite lubricante en suspensión. Sirve para mantener la línea libre de polvo agua y aceite.

### **2.2.2.2. Sistema de Consumo de Aire**

#### **A. Purga de Aire**

Según Vaca (2011, p.62) Para el consumo, el aire es tomado de la parte superior de la tubería principal para permitir que la condensación ocasional permanezca en la tubería principal; cuando alcanza un punto bajo, una salida de agua desde la parte inferior de la tubería irá a una purga automática eliminando así el condensado.

La purga automática es el método más eficaz que impide que el agua se quede en el tubo en el caso en que se descuide la purga manual.

#### **B. Unidad de Acondicionamiento de Aire**

Según Vaca (2011, p.63) Acondiciona el aire comprimido para suministrar aire limpio a una presión óptima y ocasionalmente añade lubricante para alargar la duración de los componentes del sistema neumático que necesitan lubricación.

#### **C. Válvula Direccional**

Según Vaca (2011, p.63) son las que controlan los actuadores dirigiendo su funcionamiento en una dirección o otra, permitiendo o bloqueando el paso de aceite o aire ya sean hidráulicas o neumáticas, tanto con presión o al tanque. Este componente dentro del nombre ya tenemos indicada las características del mismo siendo este formado por el número de vías, seguido del número de posiciones.

#### **D. Actuador**

Según Vaca (2011, p.63) Se denominan actuadores a aquellos elementos que pueden provocar un efecto sobre un proceso automatizado.

Transforma la energía potencial del aire comprimido en trabajo mecánico, un cilindro lineal, pero puede ser también un actuador de giro o una herramienta neumática, etc.

Los más usuales son:

- Cilindros neumáticos e hidráulicos. Realizan movimientos lineales.
- Motores (actuadores de giro) neumáticos e hidráulicos. Realizan movimientos de giro por medio de energía hidráulica o neumática.

- Válvulas. Las hay de mando directo, motorizadas, electroneumáticas, etc. Se emplean para regular el caudal de gases y líquidos.
- Motores eléctricos. Los más usados son de inducción, de continua, paso a paso.
- Bombas, compresores y ventiladores. Movidos generalmente por motores eléctricos de inducción.

#### **2.2.2.3. Unidad de Mantenimiento**

Según Vaca (2011, p.64) Está compuesto por un filtro de partículas de baja eficiencia, un regulador con manómetro y un lubricador, su función principal es la de acondicionar una corriente determinada para su uso en una máquina. El filtro de partículas sirve para eliminar algunos contaminantes de tipo sólido, el regulador se encarga de disminuir la presión y el lubricador dosifica una cantidad requerida en algunas ocasiones por el equipo.

#### **2.2.3. Sistemas de Control**

##### **2.2.3.1. Control Clásico y Moderno**

Según Coter Ochoa (p. 1) La teoría desarrollada para el control de procesos, desde el punto de vista clásico y moderno, tiene su base esencial en el conocimiento de la dinámica del proceso que se desea controlar. Esta dinámica normalmente se expresa haciendo uso de ecuaciones diferenciales ordinarias, y en el caso de sistemas lineales, se hace uso de la transformada de Laplace para obtener una representación matemática que relaciona la

señal que se quiere controlar y la señal de entrada al sistema. Esta relación matemática se conoce como función de transferencia.

Desde la teoría clásica de control, considerando el caso más sencillo de un sistema lineal de una entrada y una salida, la dinámica se puede representar como en la figura 2.1. En esta figura se representa el bloque etiquetado como “Proceso” o “Planta”, que es el sistema que se desea controlar.

A este sistema le llegan dos señales, una etiquetada como “Entrada de control” que será la señal que genera el controlador que se ha de diseñar y la señal etiquetada como “Entrada incierta” que puede representar cualquier señal indeseable externa al sistema y que se conoce también como “perturbación” o “ruido”. Finalmente, la señal de “Salida” que será la señal que se desea que se comporte de una forma determinada. La señal de salida también se conoce como señal controlada.

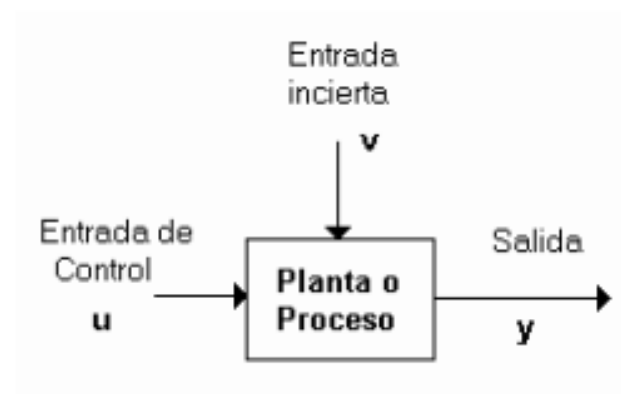


Figura 2.1: Representación de bloques de un sistema

#### 2.2.3.2. Sistema de Control en Lazo Abierto

Según Ogata (1998, p.7) Los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con

la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el enjuague en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Observe que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo es en lazo abierto.

#### **2.2.3.3. Sistema de Control en Lazo Cerrado**

Según Ogata (1998, p.7) Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la señal de salida misma o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema.



#### **2.2.3.4. Control On – Off**

Según Gonzales (2011, p. 1) El control ON-OFF, también llamado todo-nada o abierto-cerrado, es la forma más simple de control por realimentación, es un control de dos posiciones en el que el elemento final de control sólo ocupa una de las dos posibles posiciones, en el cual la salida del controlador va de un extremo a otro cuando el valor de la variable controlada se desvía del valor deseado.

Características:

- Modo de control depende del signo del error.
- Variación cíclica continua de la variable controlada.
- El controlador no tiene la capacidad para producir un valor exacto en la variable controlada para un valor de referencia.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de relación lenta.
- Tiene un simple mecanismo de construcción, por eso este tipo de controladores es de amplio uso, y mayormente son utilizados en sistemas de regulación de temperatura.

#### **2.2.4. Sensores**

##### **2.2.4.1. Sensores de Temperatura**

Según Ojeda (P. 1) Los sensores de temperatura son dispositivos que en respuesta al cambio de temperatura del ambiente que lo rodea, se producen fenómenos en su estructura interna; los fenómenos utilizados para sensar temperatura son:

- Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos, gases.)

- Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia)
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores)
- Fem creada en la unión de dos metales distintos (termopares)
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación)

### **Tipos de Sensores de Temperatura:**

#### **A. Termómetro Bimetálico**

Según Ojeda (P. 2) Su base, el distinto coeficiente de dilatación de dos metales diferentes (latón y una aleación de ferroníquel (35.5% Níquel)) laminados conjuntamente.

#### **B. Termómetros de Resistencia**

Según Ojeda (p. 6) Su principio de funcionamiento se basa en el flujo de electrones a través de la resistencia. Al variar la temperatura en el material resistivo, el flujo de electrones varía. Es decir, la resistencia presenta una variación con la temperatura.

#### **C. Termistores**

Según Ojeda (p. 12) Los termistores, son semiconductores electrónicos con un coeficiente de temperatura de resistencia negativo o positivo de valor elevado por lo que presentan unas variaciones rápidas y extremadamente grandes para los cambios relativamente pequeños en la temperatura.

## **D. Termopares**

Según Wikipedia [12] (p. 1) Los termopares son unos de los sensores más sencillos y de los más utilizados en las industrias para determinar la temperatura de un proceso.

Este sensor está constituido por la unión de dos metales, la cual es sometida a la temperatura a ser medida.

Su funcionamiento se basa en que la circulación de corriente por un circuito formado por 2 metales diferentes cuyas uniones (unión de medida o caliente y unión de referencia o fría) se mantienen a distinta temperatura.

Esta circulación de corriente obedece a 2 efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de 2 metales distintos cuando una corriente circula a través de la unión y el efecto Thompson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperatura.

### **Sensor de Temperatura PT100**

Según Arian (p. 1) Un PT100 es un sensor de temperatura. Consiste en un alambre de platino que a 0 °C tiene 100 Ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

El incremento de la resistencia no es lineal, pero si creciente y característico del platino de tal forma que mediante tablas es posible encontrar la temperatura exacta a la que corresponde.

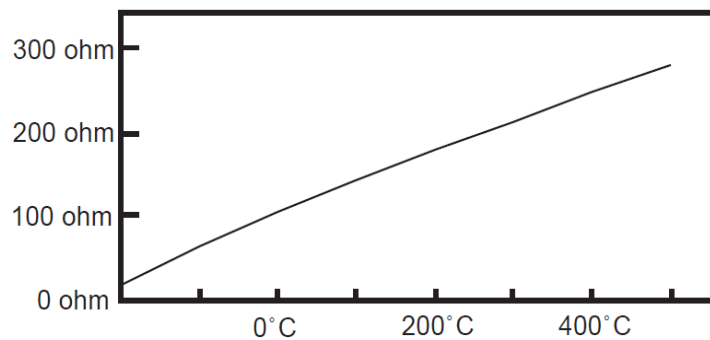


Figura 2.2: Temperatura vs Resistencia, respuesta del PT100.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD (Dispositivo Termorresistivo)

Normalmente las Pt100 industriales se consiguen encapsuladas en la misma forma que las termocuplas, es decir dentro de un tubo de acero inoxidable u otro material (vaina), en un extremo está el elemento sensible (alambre de platino) y en el otro está el terminal eléctrico de los cables protegido dentro de una caja redonda de aluminio (cabezal).

### **Ventajas del PT100**

Según Arian (p. 1)

Los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200°).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que el Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no

que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Este comportamiento es una gran ventaja en usos como cámaras frigoríficas donde una desviación no detectada de la temperatura podría producir algún daño grave.

El Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

### **E. Pirómetros de Radiación**

Según Ojeda (p. 22) Los pirómetros de radiación se fundamentan en la ley de Stefan-Boltzman “la intensidad de energía radiante emitida por la superficie de un cuerpo, aumenta proporcionalmente a la cuarta potencia de la temperatura absoluta del cuerpo”

Los pirómetros de radiación miden la temperatura de un cuerpo a distancia en función de su radiación.

### **Selección de Sensor de Temperatura**

La selección de los sensores de temperatura depende del rango de temperatura en el que estará el ambiente a sensar.

Los rangos de medición de temperatura de los diversos tipos antes mencionados se muestran en la Figura 2.3



Figura 2.3: Rangos de temperatura para los diversos tipos de sensores.

#### 2.2.4.2. Sensores de Final de Carrera

Según Wikipedia [3] (p. 1) Los sensores de final de carrera son dispositivos neumáticos, electrónicos o mecánicos empleados en los sistemas de automatización con el objetivo de indicar e interactuar con el sistema cuando el elemento móvil con el que interactúa alcanza la posición deseada.

##### Sensor de Final de Carrera Neumático

Según Forn (p. 1) Se utiliza principalmente para el control de sistemas neumáticos automatizados (ya que permite ser accionada por una pieza móvil del propio sistema), por ejemplo, la activación o detención automática de una pieza que llega a la posición deseada, donde está colocado este operador (de ahí el

nombre final de carrera), también puede utilizarse para controlar un cilindro de simple efecto y tiene dos posiciones de trabajo.

En la posición de reposo, con el vástago de posición sin presionar la entrada de presión de aire P se encuentra bloqueada, mientras que están comunicados los conductos de salida al accionamiento A y de retorno R (para permitir el desalojo de aire del cilindro) en este caso, si estuviera conectado a un cilindro, este se encuentra en posición negativo (retraído).

Al accionar la válvula, presionando el vástago de posición (objeto móvil que llega hasta la misma), como se ve en la parte derecha de la figura 2.4 queda bloqueado el retorno mientras que se comunican la entrada de presión P con la salida al accionamiento A, lo que permite que el flujo de aire bajo presión llegue al accionamiento, si fuera un cilindro, este se desplaza a la posición positivo (extendido).

En la figura 2.4 de cada una de las posiciones de esta válvula se presentan las secciones del símbolo general correspondiente a esa posición, indicando las respectivas conexiones internas.

Posteriormente al quitar el objeto que presiona el vástago de posición, la válvula regresa a su posición original de reposo gracias a un resorte interno (incluido en el símbolo) y como se indicó bloquea la entrada de presión de aire P, cortando el flujo de aire al accionamiento, mientras que comunica los conductos de salida A y de retorno R permitiendo el desalojo de aire del interior del cilindro para que pueda volver a la posición negativo (retraído).

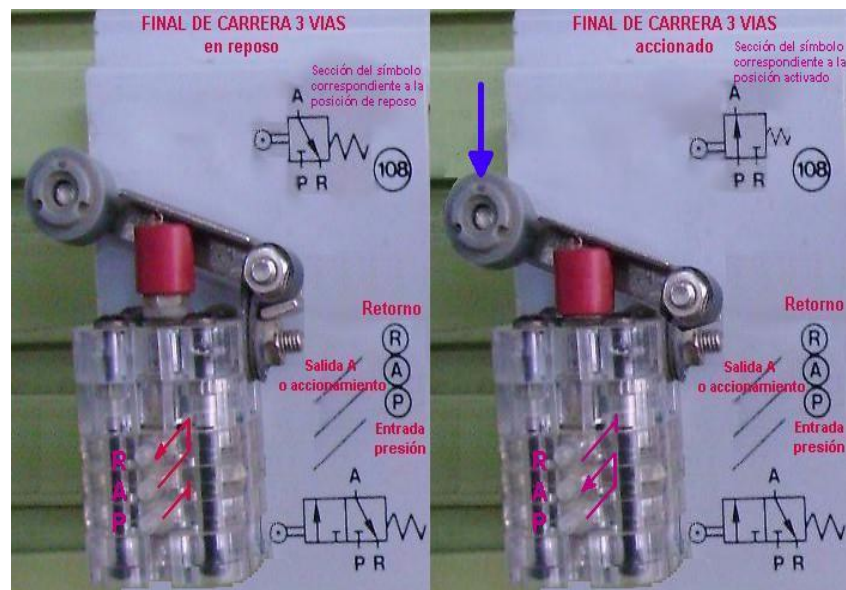


Figura 2.4: Sensor de final de carrera neumático de 3 vías.

Izquierda: sin presionar. Derecha: presionado

### Sensor de Final de Carrera Electrónico

Según Wikipedia [3] (p.1) Son dispositivos eléctricos situados al final del recorrido de un elemento móvil, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito.

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija

Los sistemas de accionamiento, palancas etc., generalmente actúan el elemento de contacto mediante un pistón, a través de un



retén de estanqueidad, o de un anillo de filtro, con o sin muelle de goma, para impedir la entrada de suciedad, polvo, etc., al interior de la caja.

Estos dispositivos simplificados, no siempre ofrecen, a largo plazo, la necesaria estanqueidad, y suelen ser fuente de incidencias cuando se han efectuado un número importante de maniobras mecánicas; así resulta aconsejable efectuar verificaciones regulares, y sobre todo, si se detectan problemas de estanqueidad al interior del final de carrera.

Los sistemas de accionamiento mediante un eje oscilante, y con un sistema de retén de estanqueidad mucho más eficaz, suelen ser extremadamente fiables, a medio y largo plazo, ya que el sistema de retén de labio utilizado tiene una duración de vida y efectividad, muchísimo más larga que los sistemas de accionamiento por penetración.

Existen muchísimos dispositivos (accesorios) para lograr el buen accionamiento del interruptor, acoplándose de forma inteligente, a las partes de la máquina que deben dar el necesario control eléctrico, mediante el interruptor.

Un punto importante a tener en cuenta, y frecuentemente ignorado, consiste en no utilizar jamás un Final de carrera como tope mecánico.

El sistema de accionamiento del Final de carrera debe imperativamente tener “salida”, o sea, permitir que la parte móvil que lo debe accionar pueda seguir su recorrido hasta el tope mecánico, o más allá, en caso de no existir dicho tope mecánico.

## **2.2.5. Actuadores**

### **2.2.5.1. Cilindro Neumático**

Según Vaca (2011, p. 44) Los cilindros neumáticos producen un trabajo: transforman la energía neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

Existen diferentes tipos de cilindros neumáticos. Según el modo en que se realiza el retroceso del vástago, los cilindros se dividen en tres grupos:

- Cilindros de simple efecto
- Cilindros de doble efecto
- Cilindro de rotación

#### **A. Cilindro de Simple Efecto**

Según Vaca (2011, p. 45) Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.

El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande. En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm.

Podemos encontrar hasta 3 tipos de cilindros de simple efecto:

- Émbolo
- Membrana
- Membrana enrollable

## Cilindro de Émbolo

Según Vaca (2011, p. 46) El perbunano (material flexible) que recubre el pistón para así conseguir que esté completamente cerrado. En la Figura 2.5, se describen cada uno de los procesos de funcionamiento del cilindro: 1-2) El aire comprimido entra empujando el vástago, y comprimiendo el muelle. Los bordes de junta se deslizan sobre la pared interna del cilindro. 2-3). Después el muelle hace volver el vástago a su estado inicial. Este cilindro tan simple se usa para frenar objetos rotativos con mucha velocidad, se aplica sobre todo en los frenos de camiones y trenes.

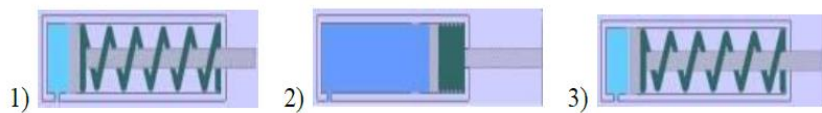


Figura 2.5: Ejes de un elemento piezoeléctrico

## Cilindro de Membrana

Según Vaca (2011, p. 47) Una membrana de goma, plástico o metal reemplaza aquí al émbolo. El vástago está fijado en el centro de la membrana. No hay piezas estancadas que se deslicen se produce un rozamiento únicamente por la dilatación del material. Sus aplicaciones son extensas, sobre todo en fábricas de automatización. Se podría usar por ejemplo para estampar, remachar o fijar.

## Cilindro de Membrana Enrollable

Según Vaca (2011, p. 47) La construcción de estos cilindros es similar a la de los anteriores. También se emplea una membrana

que, cuando está sometida a la presión del aire, se desarrolla a lo largo de la pared interior del cilindro y hace salir el vástago. Las carreras son más importantes que en los cilindros de membrana (aprox. 50-80 mm). El rozamiento es menor.

## **B. Cilindros de Doble Efecto**

Según Vaca (2011, p. 48) La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno. Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

Podemos encontrar 4 tipos de cilindros de doble efecto:

- Con amortiguación interna.
- Doble efecto, en ejecución.
- De tándem.
- Multiposicional.

### **Cilindros con Amortiguación Interna**

Según Vaca (2011, p. 49) Cuando las masas que trasladan al cilindro son grandes, se tiene como propósito evitar un choque brusco, dónde se utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momento antes de alcanzar el final de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior.

### **Cilindros de Doble Efecto en Ejecución**

Según Vaca (2011, p. 49) Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante. Los elementos señalizadores pueden disponerse en el lado libre M (sección de desplazamiento del vástago). La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales).

### **Cilindros Tándem**

Según Vaca (2011, p. 50) Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forman una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal M (sección de desplazamiento del vástago) del mismo diámetro. Se utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y se dispone de un espacio determinado, no siendo posible utilizar cilindros de un diámetro mayor.

### **Cilindro Multiposicional**

Según Vaca (2011, p. 50) Este cilindro está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Estos elementos están acoplados. Según el émbolo al que se aplique presión, actúa uno u otro cilindro. En el caso de dos cilindros de carreras distintas, pueden obtenerse cuatro posiciones.

### **2.2.5.2. Resistencia Calentadora**

Según Wikipedia [13] (p. 1) Las resistencias calentadoras convierten energía eléctrica en calor. Procedimiento descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se liberó calor por encontrar resistencia.

En la actualidad las resistencias calentadoras se utilizan para infinidad de aplicaciones. La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%). Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000° C), es resistivo (condición necesaria para generar calor), es muy resistente a los impactos y es inoxidable.

#### **Resistencias Comerciales**

##### **A. Alambre de Níquel – Cromo**

Según Wikipedia [13] (p. 1) Se trata del fino alambre desnudo (sin ningún recubrimiento) como el usado en secadores de cabello o tostadoras de pan.

##### **B. Resistencias Selladas**

Según Wikipedia [13] (p. 1) Como las usadas en cocinas eléctricas, calentadores de agua, hornos eléctricos o cafeteras. Aquí el alambre de níquel-cromo se cubre con cerámica y después se enchaqueta con cobre-cromado o con Incoloy (níquel 45%, cromo 30%, hierro 22%, cobre 3%).

La selección de la chaqueta depende del uso, el Incoloy es más resistente al óxido a temperaturas de 800° C, mientras que las enchaquetadas en cobre son generalmente para calentamiento de líquidos por inmersión.

### **C. Lámparas de Calor**

Según Wikipedia [13] (p. 1) Son lámparas diseñadas para generar calor y no luz. Su filamento incandescente se mantiene a baja temperatura y si se evita producir luz dentro del espectro visible.

### **D. Resistencias Cerámicas**

Según Wikipedia [13] (p. 1) Son resistencias de coeficiente resistivo térmico positivo. La mayoría de las cerámicas tienen coeficiente resistivo negativo, mientras que los metales lo tienen positivo.

Los metales aumentan un poco su resistencia al aumentar el calor, pero este tipo de cerámicas no tienen una respuesta resistiva lineal al calor. Cuando esta resistencia pasa su umbral de temperatura pierde conductividad. Como resultado, son resistencias y a la vez termostatos, ya que permiten pasar corriente cuándo están fríos, pero dejan de conducir corriente al calentarse. Estas resistencias están hechas de titanato de bario o titanato de plomo ( $\text{BaTiO}_3$  o  $\text{PbTiO}_3$ ).

Entre los usos de estos materiales están las delgadas capas de película de los vidrios traseros de los automóviles que desempañan la condensación.

### **E. Otros Materiales**

Según Wikipedia [13] (p. 1) Existen muchos otros materiales exóticos empleados para hacer resistencias calentadoras: platino, disiliciuro de molibdeno y el carburo de silicio.

El carburo de silicio tiene un punto de fusión de  $2730^\circ\text{C}$ , lo usan los calentadores de gas para detectar la llama.

### **2.2.6. Controlador Lógico Programable (PLC)**

Según Rocatek (p. 1) Se puede pensar en un PLC como un pequeño computador industrial que ha sido altamente especializado para prestar la máxima confianza y máximo rendimiento en un ambiente industrial. En su esencia, un PLC mira sensores digitales y analógicos y switches (entradas), lee su programa de control, hace cálculos matemáticos y como resultado controla diferentes tipos de hardware (salidas) tales como válvulas, luces, relés, servomotores, etc. en un marco de tiempo de milisegundos.

#### **2.2.6.1. Estructura Externa**

Según la UNC (p. 206) El término estructura externa o configuración externa de un autómata programable industrial se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido.

Actualmente son tres las estructuras más significativas que existen en el mercado:

- Estructura compacta
- Estructura semimodular
- Estructura modular

#### **A. Estructura Compacta**

Según la UNC (p. 207) Este tipo de autómatas se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc.



Son los autómatas de gama baja o nano autómatas los que suelen tener una estructura compacta. Su potencia de proceso suele ser muy limitada dedicándose a controlar máquinas muy pequeñas o cuadros de mando.

### **B. Estructura Semimodular**

Según la UNC (p. 207) Se caracteriza por separar las E/S del resto del autómata, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memoria de usuario o de programa y fuente de alimentación y separadamente las unidades de E/S.

Son los autómatas de gama media los que suelen tener una estructura semimodular (americana).

### **C. Estructura Modular**

Según la UNC (p. 207) Su característica principal es la de que existe un módulo para cada uno de los diferentes elementos que componen el autómata como puede ser una fuente de alimentación, CPU, E/S, etc. La sujeción de los mismos se hace por carril DIN, placa perforada o sobre RACK, en donde va alojado el BUS externo de unión de los distintos módulos que lo componen.

Son los autómatas de gama alta los que suelen tener una estructura modular, que permiten una gran flexibilidad en su constitución.

#### **2.2.6.2. Estructura Interna**

Según Boix, O., Saigi, M. y Zavaleta F. (1998, p. 37) Los PLC's están constituidos por diferentes elementos pero tres son los principales:

- CPU
- Memoria
- Entradas y Salida

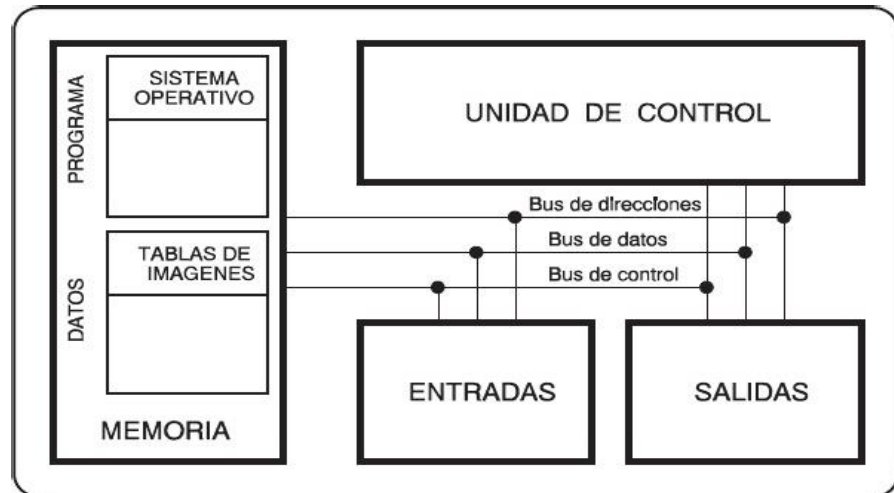


Figura 2.6: Esquema de la estructura interna de un PLC

#### A. CPU

Según Boix, O., Saigi, M. y Zavaleta F. (1998, p. 39) Es la parte inteligente del autómata. Su función es ejecutar las instrucciones del programa. También se encarga de las comunicaciones con los equipos de programación y de la gestión de los estados de error.

Su elemento base es el microprocesador. La capacidad de cálculo y la velocidad de procesamiento dependen del número y tipo de procesadores que tenga. La mayor parte de los autómatas tiene un CPU con un solo procesador.

#### B. Memoria

Según Boix, O., Saigi, M. y Zavaleta F. (1998, p. 37) La memoria de un autómata programable sirve para almacenar el programa y los datos del proceso. En muchos autómatas

el usuario puede trabajar con la configuración de memorias base o puede añadir más memoria (hasta cierto límite) en función de sus necesidades.

Dentro de la memoria de datos tenemos una parte fija que es la tabla de imágenes de entradas y salidas; cuya medida viene ya definida y el resto de la memoria de datos puede ser variable en función de las necesidades de cada programa.

Los autómatas pueden tener una asignación de memoria fija es decir que la parte destinada a programa y la parte destinada a datos viene fijada de fábrica o con asignación dinámica de la memoria de forma que a medida que se va haciendo el programa se asigna a cada necesidad la parte requerida.

### **C. Entradas y salidas**

Según Boix, O., Saigi, M. y Zavaleta F. (1998, p. 40) Los elementos de entrada y salida son los que permiten comunicar el autómata con el proceso que está controlando y con el operador. Mediante los elementos de entrada el autómata se entera del estado en que se encuentra el proceso a partir de los captadores que el diseñador ha situado para las señales que interesan. Los elementos de salida permiten que el PLC actúe sobre el proceso.

### **D. Buses de Comunicación**

Según Boix, O., Saigi, M. y Zavaleta F. (1998, p. 45) Son el medio físico a través del cual el procesador se comunica con el resto de elementos del sistema (entradas y salidas, memoria, periféricos).

Hay normalmente tres buses: Direcciones, datos y control. Cada uno de ellos está formado por un conjunto de cables, o mejor dicho un conjunto de pistas de circuito impreso. Cada uno de los elementos conectados al bus tiene una dirección.

El bus de direcciones es por donde el procesador envía la dirección del elemento al que quiere enviar o que quiere que le envíe información. Esta dirección llegará a todos los elementos, pero sólo tiene que haber un elemento que se identifique.

El bus de datos es por donde todos los elementos enviarán los datos. En una escritura, el procesador pondrá los datos que quiere que lea el elemento señalado con el bus de direcciones. En el caso de una lectura, el procesador leerá los datos que haya puesto el elemento señalado.

El bus de datos es, por tanto, bidireccional. El bus de control es aquel mediante el cual el procesador explica qué operación se está efectuando. Las operaciones más corrientes son leer y escribir.

#### **2.2.6.3. Sistema Operativo**

Según Boix, O., Saigi, M. y Zavaleta F. (1998, p. 45) El sistema operativo se encarga de ejecutar las funciones del autómata, tanto si son en tiempo real como si no.

En programas sencillos se ejecutan todas las funciones dentro de un solo ciclo. En programas más complejos nos podemos encontrar que el tiempo de ejecución sea inaceptable. En estos casos a menudo se hace un

fraccionamiento del programa en módulos (subrutinas) de manera que no todos los módulos se ejecutan en todos los ciclos.

Se encuentran también casos en los que se ejecuta una parte de cada módulo en cada ciclo de programa. Este método tiene serios problemas de interpretación de programas y depuración y corrección de errores de los mismos.

Algunos autómatas incorporan ya subrutinas de interrupción por tiempo que permiten ejecutar algunas partes de programa cada un cierto tiempo.

#### **2.2.6.4. Criterios de Selección**

##### **A. Espacio Reducido**

Según Cervantes (p. 14) Cuando el lugar donde se tiene que instalar el sistema de control dentro de la planta es muy pequeño el PLC es la mejor alternativa, ya que aun con todos sus aditamentos necesarios llegan a ocupar un mínimo de espacio sin que esto vaya en detrimento de la productividad y la seguridad del personal y las instalaciones.

##### **B. Procesos de Producción Periódicamente Cambiantes**

Según Cervantes (p. 14) Existen industrias como es la automotriz que año a año se ve en la necesidad de cambiar el modelo del vehículo que sale de sus plantas, razón por la cual se tiene que modificar tanto la secuencia de armado como el reajustar los valores de tolerancia de las partes con las que se arma el vehículo. Siendo el arma principal de estos cambios, las modificaciones que sufren las

instrucciones del programa que controla la lógica de operación del PLC.

Según Cervantes (p. 14) Es bien conocido que cuando una actividad que se repite una gran cantidad de veces durante cierto intervalo de tiempo se convierte en una actividad monótona para el hombre, produciendo en determinado momento fatiga del tipo emocional, provocando la desconcentración y la inducción involuntaria de errores que pueden ser fatales, tanto para la integridad del hombre como para las instalaciones. Con un PLC se puede evitar lo anterior con tan solo implementar secuencias de control, que aunque se repitan muchas veces durante el día, no se perderá la precisión con la que tienen que hacerse.

### **C. Actuadores Distintos en un mismo Proceso Industrial**

Según Cervantes (p. 14) Con un solo PLC se cuenta con la posibilidad de manipular actuadores de diferente naturaleza entre sí, y todavía más, con un mismo PLC se pueden dirigir diferentes líneas de producción en las que cada una tiene asignada a sus propios actuadores, esto último depende de la cantidad de salidas y en general del tamaño en cuanto a su capacidad para alojar el programa de usuario.

### **D. Verificación de las Distintas Partes del Proceso de Forma Centralizada**

Según Cervantes (p. 15) Existe una gran cantidad de industrias en que la planta de producción se encuentra alejada de la sala de control, o también por ejemplo, como

es en las plantas petroleras, se tiene la necesidad de verificar la operación a distancia de todas las refinerías. Con un PLC se tiene de manera natural el diseño de redes de comunicación, para que se canalice la información a una central desde la cual se pueda observar a distancia como se encuentra operando el sistema de control automático, y se visualice por medio de monitores la representación gráfica tanto de los sensores como de los actuadores.

# **CAPÍTULO III**

## **MATERIAL Y MÉTODOS**



### **3. Material y Métodos**

#### **3.1. Material**

##### **3.1.1. Población**

Empresa de Calzado “MIGUEL ÁNGEL”

##### **3.1.2. Muestra**

Empresa de Calzado “MIGUEL ÁNGEL”

#### **3.2. Métodos**

##### **3.2.1. Nivel de Investigación**

La investigación planteada para la presente tesis según su carácter es Aplicada.

##### **3.2.2. Diseño de Investigación**

Para este trabajo corresponde a una investigación de campo, dado que se recolecto información directamente de la empresa de calzado, lugar donde se realiza el proceso de troquelado.

- Se observó directamente el problema de investigación en tiempo real en el lugar del proceso (Empresa de Calzado MIGUEL ANGEL).
- Se identificó que el tiempo que tarda el proceso con la troqueladora semiautomática es prolongado, y por ello se propuso el diseño de la automatización de una troqueladora neumática.

Se realizó una entrevista con el Gerente de la Empresa acerca de la problemática del proceso.

Con los datos y la información obtenida, se pudo determinar el diseño adecuado de la automatización de la troqueladora, para que permita disminuir el tiempo que tarda el proceso.

### 3.2.3. Variables de estudio y operacionalización

#### **Variable independiente:**

Diseño de Automatización de la troqueladora neumática de la empresa Calzado “MIGUEL ÁNGEL”.

#### **Variable dependiente:**

Reducir el tiempo del proceso a través de la automatización de la troqueladora Neumática en la empresa de Calzado “MIGEL ÁNGEL”

**Tabla N°3.1:** Operacionalización de la variable independiente

Fuente: [Elaboración Propia]

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Automatización de la troqueladora.	TIEMPO	✓ Tiempo de simulación del proceso	Seg.	Reporte del Software

**Tabla N°3.2** Operacionalización de la variable dependiente

Fuente: [Elaboración Propia]

Variable	Dimensión	Indicador	Unidad de medida	Instrumento de Investigación
Reducir el tiempo del proceso a través de la automatización	TIEMPO	✓ Tiempo del proceso.	Seg.	Fichas de Control

### 3.2.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

#### ❖ Observación

A través de esta técnica se pudo observar directamente el tiempo de proceso del troquelado, de tal manera que con la información observada se pudo determinar que el tiempo en que se realiza es muy prolongado. Esto nos permite determinar el diseño adecuado para obtener un buen resultado en la reducción del tiempo del proceso a través de la automatización.

Numero de plantillas	Tiempo de duración
15	60 segundos
15	60 segundos
16	60 segundos
14	60 segundos
15	60 segundos
14	60 segundos
15	60 segundos
15	60 segundos
13	60 segundos

#### ❖ Entrevista:

A través de esta técnica se pudo recolectar información acerca del problema en estudio.

1. Cuantos operarios trabajan en la empresa haciendo uso de la troqueladora.

Rpta.

2. El personal que trabaja en la troqueladora necesita capacitación especial.

Rpta.

3. Cuál es el limitante para aumentar el volumen de producción.  
Rpta.

### 3.2.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Una vez hecho todo el levantamiento de información y haber obtenido los requerimientos para lograr el objetivo se realizó el siguiente procedimiento para el diseño de la automatización de la troqueladora de la empresa Miguel Ángel.

#### 3.2.5.1. Análisis del Modelo de la Máquina de la Empresa

Tomamos como referencia la troqueladora ch-858 con cabeza de corte móvil la cual tiene la estructura similar a la de una prensa universal con montantes laterales rectos como se observa en la figura 3.1 su cabeza puede desplazarse horizontal y realizar varios cortes en las diferentes zonas del cuero.



Figura 3.1: Troqueladora de puente con cabeza de corte móvil

Fuente: [https://www.alibaba.com/product-detail/travelling-head-cutting-machine-clicker-cutting\\_288775699.html](https://www.alibaba.com/product-detail/travelling-head-cutting-machine-clicker-cutting_288775699.html)

A continuación, se describen las especificaciones técnicas y las características de la maquina:

- Modelo: Ch-858
- Dimensiones: 196\*75\*202 cm
- Zona de corte: 170\*50 cm
- Fuerza de corte: 30 toneladas
- Potencia: 1.75 Kw
- Peso neto: 1520 Kg
- La cabeza de corte es automática y se mueve horizontalmente con buen funcionamiento del campo visual.
- A pesar de tener cabeza de corte y tener 30 toneladas de capacidad la troqueladora ocupa muy poca energía apenas 1.75 kw
- El mantenimiento de la maquina puede ser complicado, pero no muy regular.

La troqueladora empleada en La empresa de calzado se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2: Torqueladora de brazo giratorio

Fuente: [www.google.com](http://www.google.com)

### 3.2.5.2. Elección del controlador para la automatización

Para diseñar la automatización de la troqueladora se escogió la marca Siemens.

#### Controlador Siemens:

El SIMATIC S7-1200 es un controlador para tareas de lazo abierto y cerrado en tareas en la fabricación de equipo mecánico y la construcción de la planta., es el sucesor del S7-200. El SIMATIC S7-1200 es el modelo modular y compacto para pequeños sistemas de automatización que requieran funciones simples o avanzadas para lógica, HMI o redes. Gracias a su diseño compacto, su bajo coste y sus potentes funciones, los sistemas de automatización S7-1200 son idóneos para controlar tareas sencillas.

Equipo	Simatic S7-1200
CPU	CPU 1214C AC/DC/RLY Memoria de trabajo 75KB; fuente de alimentación 24V DC INCORPORADA con DI14 x 24V DC SINK/SOURCE, DQ10 x 24V DC y AI2 integradas; 6 contadores rápidos y 4 salidas de impulso integradas. Puerto de comunicaciones ethernet  Modelo CPU :6ES7 214-1AG31-0XB0



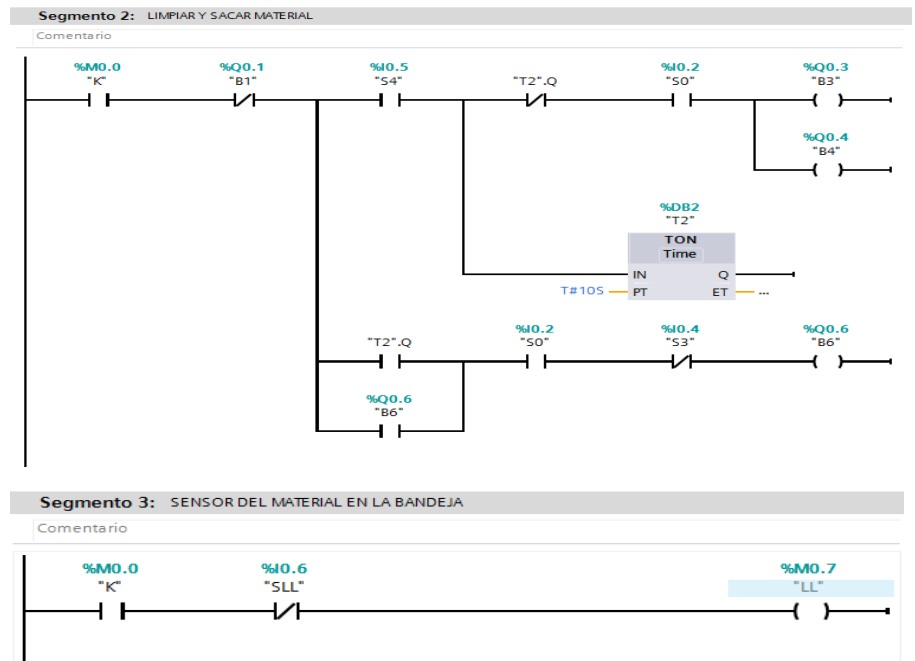


Figura 3.4: Programa en Ladder

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, mostramos la tabla de variables usadas en la programación

P-1 ▶ PLC\_1 [CPU 1511-1 PN] ▶ Variables PLC

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Visibl...	Acces...	Comentario
1	STOP	entradas	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	FIN DEL PROGRAMA
2	START	entradas	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	INICIO DEL PROGRAMA
3	SLL	entradas	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE LA BANDEJA DE MATERIAL CA...
4	S3	entradas	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE LA POSICION INICIAL DEL TRO...
5	S4	entradas	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE LA POSICION FINAL DEL TROQ...
6	S1	entradas	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE LA BANDEJA DE MATERIAL (PO...
7	K	salida	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AUXILIAR DE INICIO
8	B2	salida	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DEL PISTON 2 (CORTE)
9	B3	salida	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DE LA VALVULA 1 (LIM...
10	B1	salida	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DEL PISTON 1 (BANDEJA)
11	B4	salida	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DE LA VALVULA 2 (RETI...
12	B6	salida	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DEL MOTOR GIRO IZQUI...
13	B5	salida	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	ACCIONAMIENTO DEL MOTOR GIRO DERECH...
14	LL	salida	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	AUXILIAR DE SLL
15	S0	entradas	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	SENSOR DE LA BANDEJA DE MATERIAL (PO...

Figura 3.4: Tabla de variables

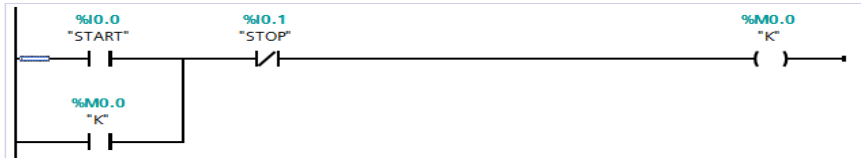
Fuente: Elaboración Propia



### 3.2.5.4. Detalles de la Programación

#### Segmento 1:

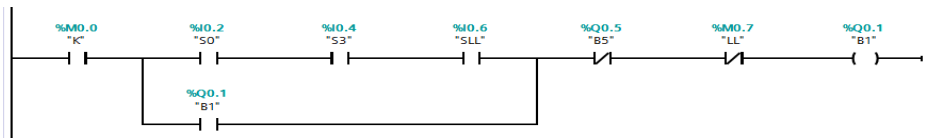
##### Paso 1:



Definimos la entrada 1 como inicio del proceso usamos un contacto NA y la entrada 2 como fin del proceso y usamos un contacto NC.

Usamos una marca K para usarlo más adelante como contacto NA para poder acceder a las siguientes partes del programa que solo estará activo cuando reciba voltaje en la entrada 1.

##### Paso 2:



En este punto se activara el pistón 1 (B1) que se encargara de introducir la bandeja del material, que moverá de la posición inicial (S0 = sensor de posición) hasta la posición final (S1 = sensor de posición).

Para poder activar el pistón 1 tenemos que tener en cuenta 3 puntos:

- S0 sensor de la posición inicial de la bandeja del material.
- S3 sensor de la posición inicial del troquel.
- SLL sensor del material en la bandeja.

B1 estará activo hasta que se interrumpa por medio de los contactos NC B5 y LL.

En la primera línea de este paso se activará B2 (pistón 2) y realizar el corte tenemos que estar seguro de que el troquel se encuentre en la posición inicial y por ello debe estar activo el S3.

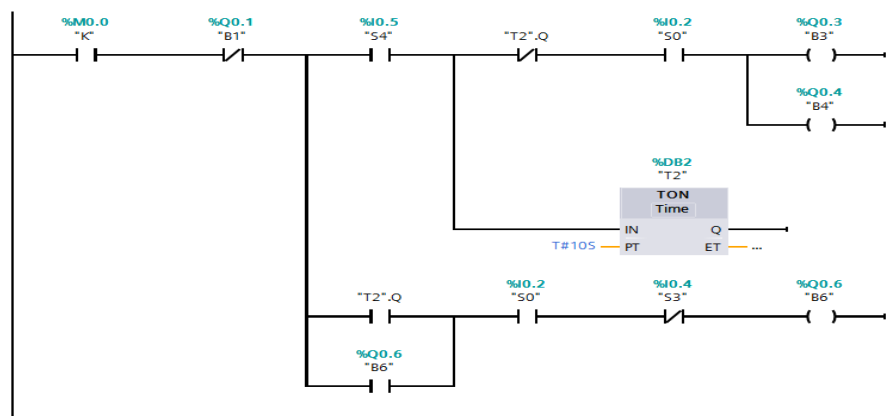
Al terminar el tiempo del temporizador contamos con otro contacto T1 NA que se encuentra en la línea 3 que se activará. Tenemos un contacto NC de S4 (sensor de posición final del troquel); que activará B5 (accionamiento del motor giro derecha) que estará activo hasta que el troquel llegue a la posición final y active S4 (sensor de posición final del troquel).

Al activarse B5 un contacto NA que se encuentra en el paso 1 se activara y desactivara B1 (pistón 1) con ello la bandeja de material regresara a su posición inicial activando S0 y desactivado S1.

El contacto NC B6 es un contacto de la salida de la bobina B6 que una vez este activa cortara la alimentación en este paso.

## Segmento2:

### Paso 4:



En la primera línea encontramos un contacto NC de la bobina B1 (pistón 1) que impide el proceso hasta que se desactivé la bobina B1.

En el paso anterior quedo activado S0 y S4 para poder continuar con este paso 4, se activará B3 y B4 que corresponden a la válvula 1 y 2 respectivamente. B3 se encarga de la limpieza de la bandeja de materiales y B4 se encarga de retirar el material del troquel.

En la línea 1 encontramos el contacto NC T2 se activara al término del tiempo del temporizador 2 y desactivara B3 y B4. Este proceso durara el tiempo que se programe en el temporizador 2.

En la línea 3 tenemos un contacto NA T2 que se activara al término del tiempo del temporizador para acceder a la activación de B6 (accionamiento del motor giro izquierdo), pero para ello el S0 debe estar activo y el S3 (posición inicial del troquel) se activara cuando el troquel llegue a la posición inicial y desactivara B6 (accionamiento del motor giro izquierdo).

Mientras B6 este activo su contacto NC que se encuentra en el Paso 3 se activara impidiendo acceder a ese bloque.

### Segmento 3:

#### Paso5:



En este paso contamos con un contacto NC del sensor SLL que activara la bobina auxiliar LL siempre y cuando no haya material en la bandeja. Esto impedirá el proceso en el paso 1 que activa B1 (pistón 1). Hasta que el SLL se active.

#### 3.2.5.5. Software WINCC

Para poder verificar la reducción del tiempo del proceso de troquelado se realizó la simulación del proceso usando el software WINCC.

En la figura 3.5 mostramos la pantalla HMI final elaborada para la automatización de la troqueladora.

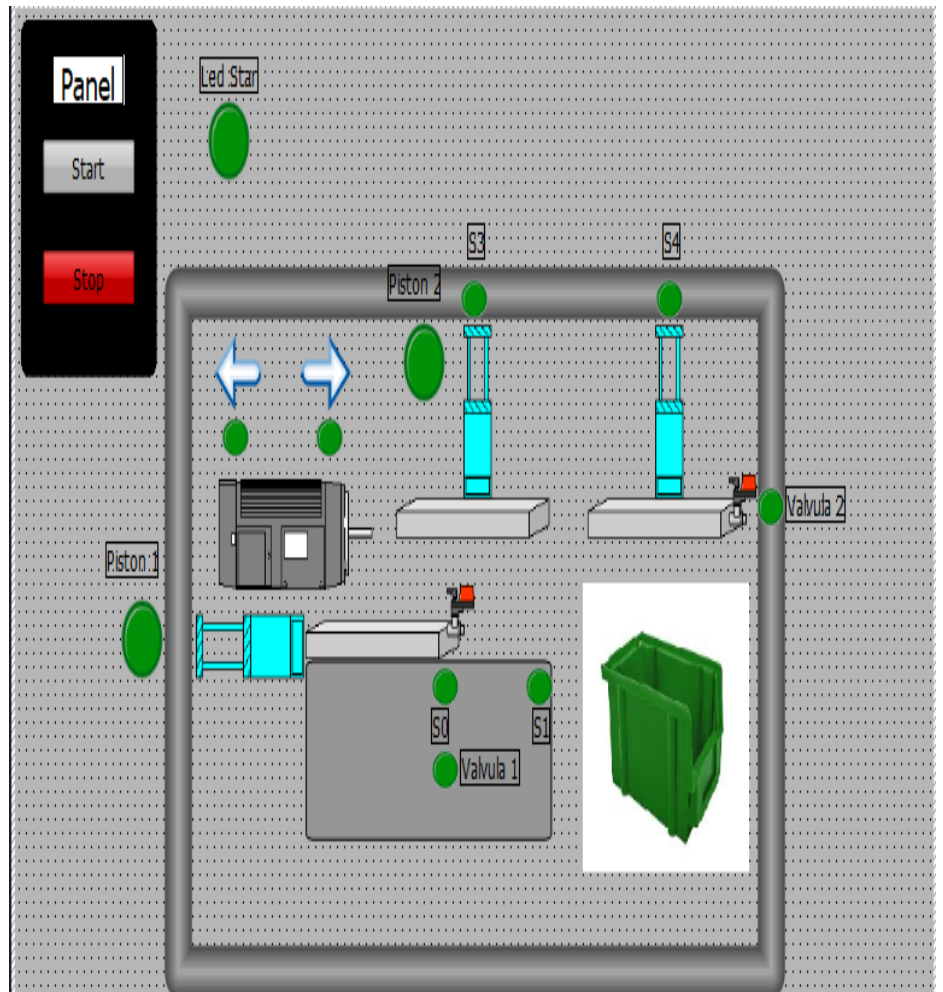


Figura 3.5: Pantalla HMI del Proceso de Troquelado

Fuente: Elaboración Propia

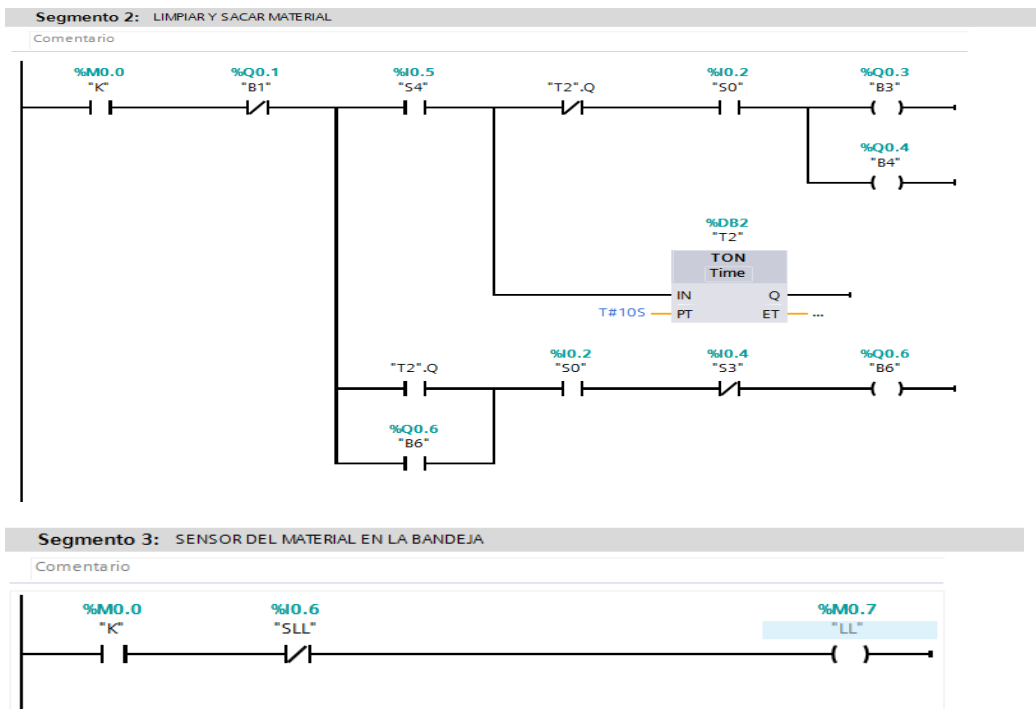
Los datos obtenidos en la simulación del proceso son:

- ❖ El tiempo estimado es de 15 s para obtener un total de 10 plantillas por plancha de cuero.
- ❖ Dado que el proceso es automático y repetitivo, en una hora se obtendrían un total de 2400 plantillas.

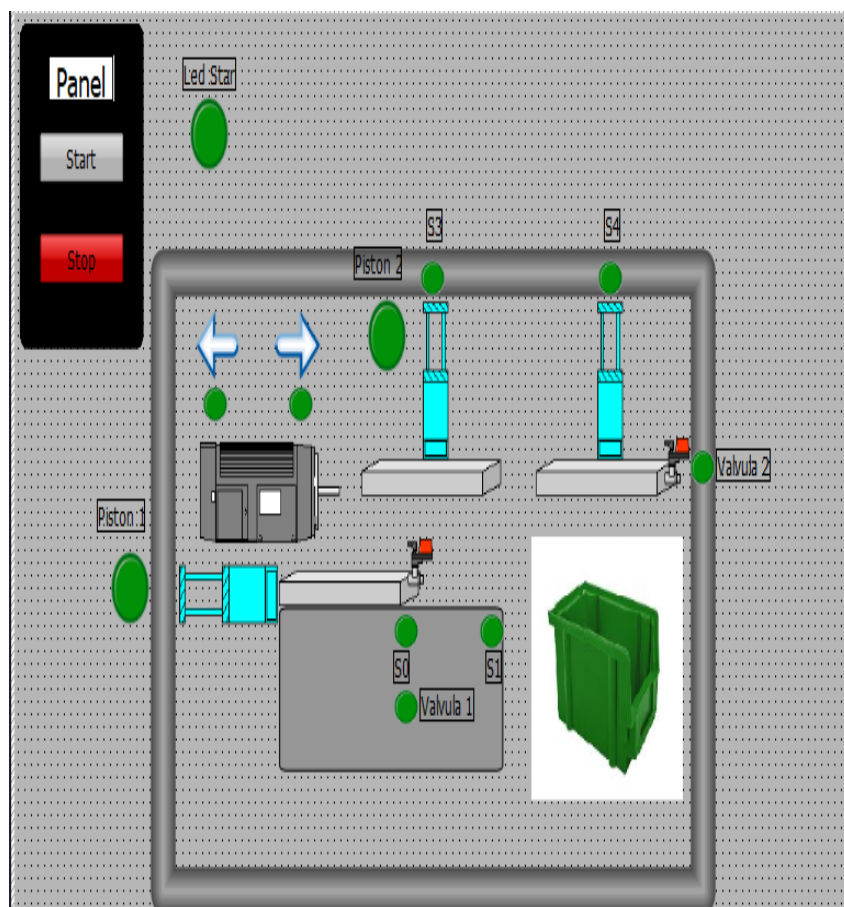
# **CAPÍTULO IV**

## **RESULTADOS**





#### 4.3. SOFTWARE DE MONITOREO Y CONTROL





#### 4.4. Resultados de la Simulación

*Tabla 4.1. Tiempo de proceso en simulación.*

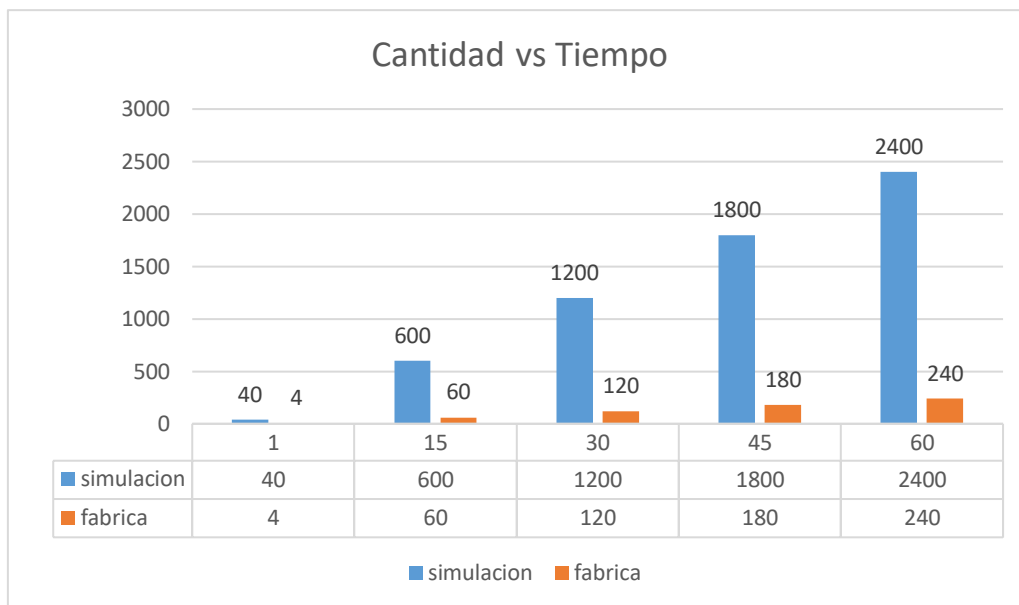
TIEMPO DE PROCESO (minutos)	CANTIDAD DE PLANTILLAS (und)
1	40
15	600
30	1200
45	1800
60	2400

*Fuente: Elaboración propia*

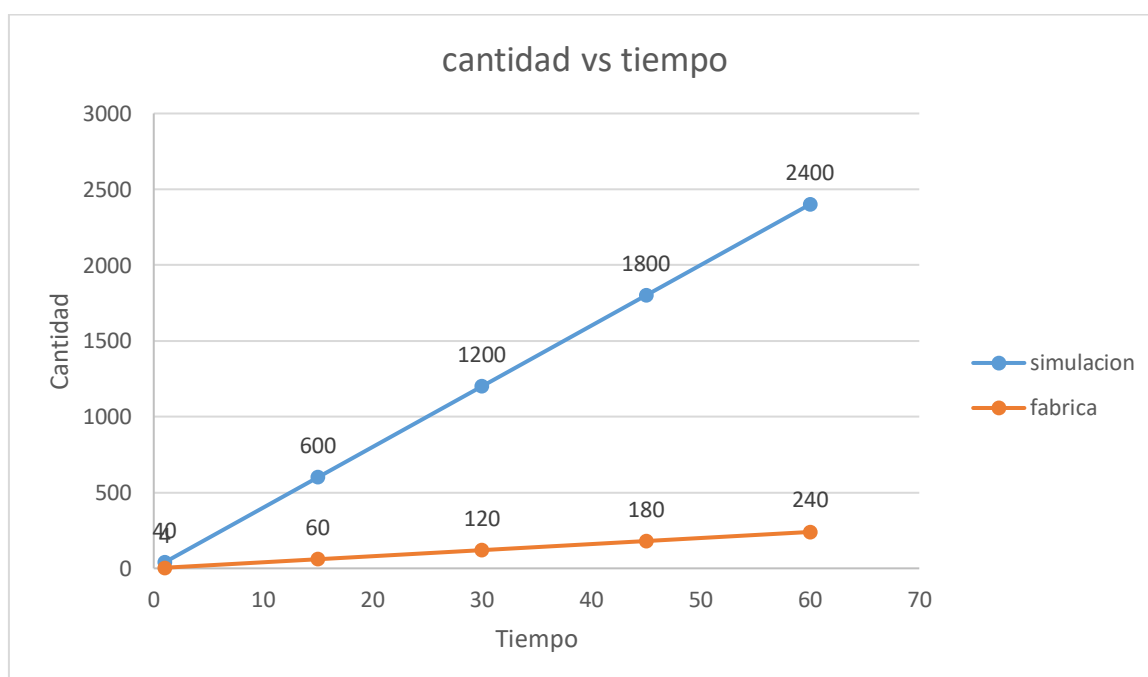
*Tabla 1.2. Tiempo de proceso en fábrica.*

TIEMPO DE PROCESO (minutos)	CANTIDAD DE PLANTILLAS (und)
1	4
15	60
30	120
45	180
60	240

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 4.1. Cantidad vs Tiempo*  
Fuente: Propia



*Figura 4.2. Cantidad vs tiempo*

# **CAPÍTULO V**

## **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## 5. Discusión de Resultados

- El estudio de diferentes modelos de controladores nos ayudó a escoger como controlador para la automatización de la troqueladora al PLC S7 – 1200 con CPU 1214C AC/DC/RLY.
- El escoger como controlador al PLC S7 – 1200, hizo que se realice la programación en Ladder en el software TIA PORTA, que es de la misma marca Siemens. Así como el HMI, se realizó en el software WINCC.
- Las simulaciones realizadas. Nos dio como resultado tiempo estimado para el proceso de troquelado de 15 segundos para obtener un total de 10 plantillas por plancha de cuero, en comparación al trabajo de manera manual.
- Dado que el proceso es automático y repetitivo, en una hora se obtendrían un total de 2400 plantillas.
- El tiempo estimado para el proceso de troquelado de manera automatizada en comparación a la manual es de una relación de 10 a 1.

# **CAPÍTULO VI**

## **CONCLUSIONES**

## 6. Conclusiones

- Se logró describir los procesos de automatización neumática.
- Se logró simular el proceso de automatización de la troqueladora de la empresa Miguel Ángel, obteniendo un tiempo estimado para el proceso de troquelado de 15 segundos para obtener un total de 10 plantillas por plancha de cuero.
- Mediante la simulación se estimó la reducción del tiempo de troquelado a una razón de 10 a 1, es decir el tiempo de proceso de troquelado automatizado sería de 10 veces menor en comparación al proceso de troquelado manual.
- Se logró el diseño de la automatización de la troqueladora de la empresa Miguel Ángel para reducir el tiempo del proceso de troquelado.

# **CAPÍTULO VII**

## **Referencias Bibliográficas**

## 7. Referencias Bibliográficas

[1] OGATA K. (1998). Ingeniería de Control Moderna. Control en lazo cerrado en comparación con el control en lazo abierto (pp. 6-8). Mexico: Prentice Hall.

[2] VACA GUEVARA, L. R. (2011). Estudio de los tiempos de sellado de la maquina selladora, para mejorar la calidad del estampado de plantillas de cuero en la empresa “FRANSANI” del Cantón Cevallos provincia de Tungurahua. (Tesis de Titulación). Universidad Técnica de Ambato. Ambato – Ecuador. Recuperado de:  
<http://repo.uta.edu.ec/handle/123456789/1273>

[3] Wikipedia. (s. f.). Sensor final de carrera. Recuperado de  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor\\_final\\_de\\_carrera](http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_final_de_carrera)

[4] Wikipedia. (s. f.). Sensor. Recuperado de  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>

[5] Pere Ponsa A. G. (s. f.). Diseño y Automatización Industrial. Recuperado de  
<http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf>

[6] Vildósola C. E. (s. f.). Actuadores. Recuperado de  
<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

[7] FORN VALLS S.A. (s. f.). Interruptores Final de Carrera. Recuperado de  
<http://www.seguridadenmaquinas.com/pdfs/finalcarrera.pdf>

[8] Gonzales Rubio A. E. (2011). Sistema de Control On - Off. Recuperado de  
<http://es.scribd.com/doc/59654885/Sistemas-d-Control-Onoff-y-Proporcional>

[9] Coterio Ochoa J. B. (s.f.). Control Clásico y Control Inteligente. Recuperado de  
<http://www.mde.iteso.mx/titulacion/estudio%20de%20caso/ejemplos/marco%20teorico%20en%20progreso.pdf>



- [10] Ojeda W. (s.f.). Sensores de Temperatura. Recuperado de [http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080306-Sensores-parte\\_II.temperatura.pdf](http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080306-Sensores-parte_II.temperatura.pdf)
- [11] Universidad Nacional de Córdoba (s.f) Elementos y Equipos Eléctricos. Recuperado de [http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye\\_archivos/apuntes/a\\_practico/CAP%209%20Pco.pdf](http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf)
- [12] Wikipedia (s.f) Termopar. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/wiki/Termopar>
- [13] Wikipedia (s.f) Resistencia Calentadora. Recuperado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia\\_calentadora](http://es.wikipedia.org/wiki/Resistencia_calentadora)
- [14] ROCATEK (s.f) Que es Automatizacion Industrial. Recuperado de <http://www.rocatek.com/downloads/Automatizacion%20Industrial.pdf>
- [15] ARIAN (s.f) Pt100 su operación, su instalación y tablas. Recuperado de <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
- [16] ROCATEK (s.f) Que es un PLC (Básico). Recuperado de [http://www.rocatek.com/forum\\_plc1.php](http://www.rocatek.com/forum_plc1.php)
- [17] BOIX, O., SAIGI, M. y ZAVALA F. (1998). Automatismos Eléctricos Programables. Definición y arquitectura del automatismo programable industrial (pp. 37-45). España: Ediciones UPC.
- [18] CERVANTES, I. (s.f.). Control Lógico Programable. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/53034051/7/DONDE-INSTALAR-UN-PLC>
- [19] Wikipedia (s.f) Troqueles y Troquelado. Recuperado de [http://es.wikipedia.org/wiki/Troqueles\\_y\\_troquelado\\_\(metalmec%C3%A1nica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Troqueles_y_troquelado_(metalmec%C3%A1nica))

[20] UPAO TRUJILLO\_ ECONOMIA Recurado de  
[http://www.upao.edu.pe/trujillo/?mod=mod\\_vitr&task=288](http://www.upao.edu.pe/trujillo/?mod=mod_vitr&task=288)

[21] Producción de calzado en Trujillo, Perú. Recuperado de  
<https://lsbow.wordpress.com/2011/10/14/produccion-de-calzado-en-trujillo-peru/>

[22] La Automatización Industrial Es La Aplicación de Diferentes Tecnologías Para  
Controlar y Monitorear Un Proceso. Recuperado de  
<https://es.scribd.com/document/330979016/La-Automatizacion-Industrial-Es-La-Aplicacion-de-Diferentes-Tecnologias-Para-Controlar-y-Monitorear-Un-Proceso>

**ANEXOS**